Nancy-Université
INPL

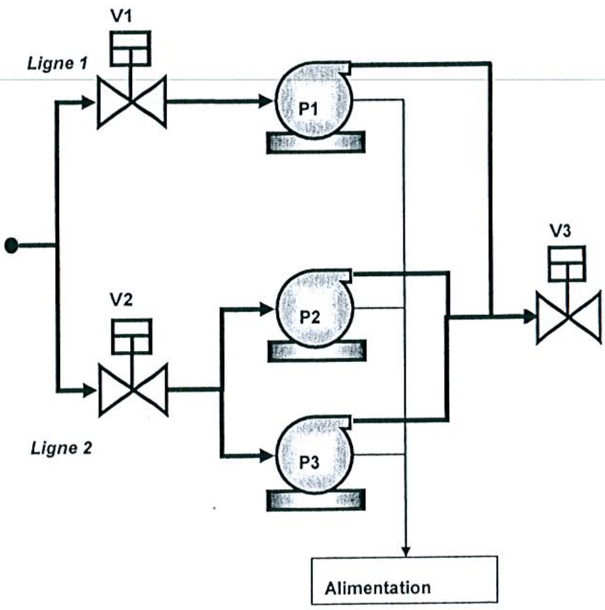
ENSGSI
L'ÉCOLE DE L'INNOVATION

Examen de « Sûreté de Fonctionnement »

Documents et calculatrice autorisés, durée 2 h

1. Etude d'un système d'alimentation en eau

Soit le système d'alimentation en eau de la figure ci-dessous constitué des trois pompes en redondance qui disposent d'une alimentation électrique commune.
La pompe P1 peut assurer 100% du débit requis, alors que les pompes P2 et P3 n'en assurent que 50% chacune.
L'alimentation électrique, commune à ces trois pompes, est assurée par deux lignes, dont une suffit à alimenter les trois pompes. Pour être connectée à l'alimentation, chacune des pompes dispose d'un contacteur électrique.
En fonctionnement normal, les trois pompes fonctionnent simultanément et le débit est réparti dans les deux lignes.



On suppose que le débit amont peut toujours être assuré.
Les défaillances de composants à considérer sont les suivantes :

- A fermeture intempestive de V1, V3 : loi exponentielle $\lambda = 2.10^{-6}\ h^{-1}$
- B fermeture intempestive de V2 : loi exponentielle $\lambda = 1.10^{-6}\ h^{-1}$
- C défaut mécanique intrinsèque aux pompes P1, P2, P3 : loi exponentielle $\lambda = 1.10^{-4}\ h^{-1}$
- D défaut du contacteur électrique des pompes P1, P2, P3 : loi exponentielle $\lambda = 1.10^{-5} h^{-1}$
- E défaut ligne d'alimentation électrique L1, L2 : loi exponentielle $\lambda = 1.10^{-7}\ h^{-1}$

L'événement redouté (indésirable) est défini ainsi : « débit inférieur au débit requis ».

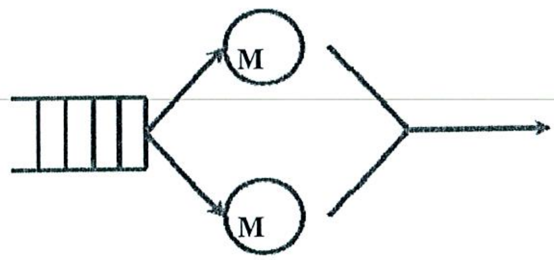
1. Etablir l'arbre des défaillances de l'événement redouté.
2. Donner deux exemples des coupes d'ordre 1, 2, 3 et 4. Quelles sont parmi celles-ci des coupes minimales ? Pour les coupes minimales, ainsi déterminées, donner leurs probabilités d'occurrence à t=100 h.
3. La défaillance d'une des vannes est-elle plus critique que celles des autres vannes ? Classifier, ainsi, les vannes, les unes par rapport aux autres.

2. Etude d'un système de production

I. Cellule de production

On considère une cellule de production formée de deux machines M identiques travaillant en parallèle sur un ensemble de pièces. Les pièces arrivent à l'entrée de la cellule et sollicitent indifféremment l'une ou l'autre des machines (celle qui est libre). Ce processus de sollicitation d'une machine est caractérisé par un taux de sollicitation α constant. Après avoir été sollicitée, une machine réalise l'opération demandée sur la pièce avec un taux de service β constant. Pendant ce service la machine peut devenir défaillante avec un taux λ constant et la défaillance de la machine entraîne automatiquement le rebut de la pièce en cours de traitement. La (les) machine(s) défaillante(s) est(sont) réparée(s) et le service de maintenance est formé de deux opérateurs humains chacun intervenant indépendamment sur une machine défaillante. Les taux de réparation μ des deux machines M sont identiques.

Application numérique : $\alpha = 12h^{-1}$; $\beta = 7.5h^{-1}$; $\lambda = 3.5 \cdot 10^{-4} h^{-1}$; $\mu = 1.6 \cdot 10^{-2} h^{-1}$



1. Représenter cette cellule de production par une chaîne de Markov à temps continu et donner sa matrice des taux de transition.
2. Exprimer la disponibilité du système en tant que somme des probabilités d'état.
3. Déterminer les taux équivalents de défaillance et de réparation de cette cellule de production.

II. Ligne de production

Soit une ligne de production composée de trois cellules de production identiques (à celle étudiée ci-dessus) en parallèle. Les pièces produites dans ces cellules sont ensuite acheminées vers un atelier de peinture commun au trois cellules. Cette ligne de production fonctionne 24h/24, 7j/7, 52 semaines/an. Après une étude similaire à la cellule de production, mais s'intéressant à l'atelier de peinture, les taux équivalents de défaillance et de réparation de celui-ci ont été déterminés : $\lambda_{peint} = 1.15 \cdot 10^{-4} h^{-1}$; $\mu_{peint} = 1.6 \cdot 10^{-2} h^{-1}$.

1. Donner le diagramme de fiabilité de cette ligne de production.
2. Déterminer le MTTF et la fiabilité de la ligne de production à une année de fonctionnement R1an.
3. Déterminer la disponibilité asymptotique de la ligne de production.

Note pour l'exercice 2.
Pour les calculs il faut utiliser :

$$\begin{bmatrix} 24 & -24 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 19.50035 & -12 & -3.5\cdot10^{-4} & 0 \\ 0 & -15 & 15.0007 & 0 & -7\cdot10^{-4} \\ -1.6\cdot10^{-2} & 0 & 0 & 12.016 & -12 \\ 0 & -1.6\cdot10^{-2} & 0 & -7.5 & 7.51635 \end{bmatrix}^{-1} =$$

$$\begin{bmatrix} 25855.762 & 82734.494 & 66184.507 & 1785.7464 & 2857.1429 \\ 25855.72 & 82734.494 & 66184.507 & 1785.7464 & 2857.1429 \\ 25855.704 & 82734.443 & 66184.507 & 1785.7464 & 2857.1429 \\ 25512.585 & 81636.463 & 65306.122 & 1785.7976 & 2857.1429 \\ 25512.128 & 81636.999 & 65304.951 & 1785.7144 & 2857.1429 \end{bmatrix}$$

4.